



ISRA

**Institut Sénégalais
de Recherches Agricoles**

C.N.R.A. Bambey



**Centre National de
Recherches Agronomiques**

CIRAD

**Centre de Coopération Internationale
en Recherche Agronomique pour
le Développement**

**CA-Département des
Cultures Annuelles
CALIM-Programme des
Cultures Alimentaires**

Phytotechnie Arachide

Rapport sur le dépérissement de l'arachide d'origine inconnue à Bambey

Août 1999

José MARTIN

ISRA

**Institut Sénégalais
de Recherches Agricoles**

C.N.R.A. Bambey

**Centre National de
Recherches Agronomiques**

CIRAD

**Centre de Coopération Internationale
en Recherche Agronomique pour
le Développement**

**CA-Département des
Cultures Annuelles
CALIM-Programme des
Cultures Alimentaires**

Phytotechnie Arachide

Rapport sur le dépérissement de l'arachide d'origine inconnue à Bambey

Août 1999

José MARTIN

Un dépérissement de l'arachide d'origine inconnue à Bambey

par José MARTIN

avec le concours d'Emmanuel ALIAS,

Arthur DASSYLVA,

Benoît Clerget,

Philippe GODON,

Benoît SARR,

Moctar WADE,

Kisma WAGUE, chercheurs,

et de Abdou FALL,

Ameth SY,

Mor FALL,

et Almamy NDIAYE, techniciens.

Août 1999

SOMMAIRE

Résumé	3
Introduction	3
Repérage spatio-temporel	5
Hivernage 1997	5
Hivernage 1998	5
Contre-saison 1999	6
Description, évolution et extension des symptômes	7
A l'échelle de la plante	7
A l'échelle du foyer	7
A l'échelle de la sole	8
Spécificité arachide	8
Les conditions naturelles et agro-culturelles	8
Le climat	8
Les sols	9
Historique et conduite des cultures à la ferme irriguée	9
Historique et conduite des cultures à la station	10
Constats, hypothèses et investigations	11
Deux évidences fortes	11
Syndrome nouveau au Sénégal	11
Développement sous forte humidité	11
L'hypothèse bactériose	11
Eléments à charge	12
Eléments à décharge	12
Poursuivre les investigations	13
Ecarter l'hypothèse bactériose à <i>P. solanacearum</i>	13
Une nouvelle bactériose ?	14
Rapprochement avec un syndrome voisin sur le Fleuve	14
Mesures de précaution	15
Conclusion	16
Références bibliographiques	16
Annexes	17

Résumé

Au cours de l'hivernage 1997 une maladie de l'arachide encore inconnue au Sénégal s'est déclarée à la ferme irriguée de Bambey. Elle s'est étendue de façon spectaculaire sur une culture saine et vigoureuse d'environ 40 jours peu après l'installation des pluies de mousson, par agrandissement d'un premier foyer et apparition d'autres foyers, jusqu'à la fin de l'hivernage. Les plants atteints brunissaient, flétrissaient et dépérissaient en quelques jours. Ce syndrome dévastateur s'est reproduit en 1998 dans les mêmes circonstances sur la même parcelle, sur précédent mil engrais vert irrigué en contre-saison, et a fait son apparition avec quelques semaines de retard sur au moins deux soles de la station de Bambey, situées à 3 km de la ferme irriguée. Il s'est également manifesté en 99 dans les cultures de contre-saison sur les deux sites, une des soles de la station ayant été particulièrement affectée. Le syndrome semble pour le moment circonscrit au domaine du Centre de Bambey, aussi bien sur les sols alcalinisés par un long historique d'irrigation que sur les sols à tendance acide des soles non irriguées. Les deux types botaniques d'arachide, spanish et virginia, sont sensibles et aucun cultivar n'a arrêté la progression de proche en proche du syndrome. L'hypothèse d'une bactériose à *Pseudomonas solanacearum*, responsable du flétrissement bactérien de l'arachide sévissant notamment en Asie du Sud-est et présente en Afrique du Sud, en Ouganda et au Nigeria a été mise en défaut, car les tests du nuage de lait et de culture sur milieu spécifique ont été négatifs. Il est proposé d'effectuer les tests sérologiques de l'Icrisat pour écarter définitivement l'hypothèse *P. solanacearum*. D'abondantes bactéries ayant été isolées dans les plantes malades, l'hypothèse d'une autre bactériose est avancée. Elle résulterait de bactéries devenues pathogènes dans des circonstances particulières, liées à la qualité biologique de l'eau d'irrigation séjournant dans les bassins de reprise et les tuyaux entre deux arrosages. Compte tenu du faciès observé en deux campagnes et une intercampagne, et de ce qu'on sait des bactérioses en général, des mesures agronomiques et sanitaires préventives sont proposées. Il est également conseillé de suivre attentivement l'évolution de ce syndrome qui prendra des allures de fléau s'il continue de s'étendre au même rythme que jusqu'à présent. Il est également conseillé de se rapprocher des chercheurs du Fleuve car un syndrome de dépérissement de l'arachide présumé de type bactériose y avait été observé en 98. Le présent document rédigé par un phytotechnicien arachide non spécialisé en phytopathologie vise à documenter le syndrome de Bambey ; il constitue en quelque sorte un fond de dossier pour l'instruction d'un projet de recherche à dominante phytopathologie ayant pour but de diagnostiquer le phénomène et d'élaborer ensuite une stratégie de lutte intégrée et adaptée. La mobilisation d'un ou plusieurs phytopathologistes sur ce problème de dépérissement de l'arachide en forte progression à Bambey apparaît d'autant plus importante que Bambey est un centre d'obtention, de multiplication et de diffusion variétale.

Introduction

En 1997 est apparu à la ferme irriguée de Bambey un syndrome occasionnant des dégâts spectaculaires sur arachide et encore inconnu au Sénégal. Le syndrome s'est déclenché à partir d'un foyer humide avec l'arrivée de la mousson (mi-août), sur une culture saine et vigoureuse d'environ 40 jours. Il s'est étendu par agrandissement du premier foyer (de façon à peu près concentrique) et par apparition d'autres foyers, pendant toute la période humide, jusqu'à fin septembre - début octobre. Les plants atteints brunissaient,

flétrissaient et dépérissaient en quelques jours. La vitesse de progression du rayon des foyers était de l'ordre d'un mètre par semaine.

Ce phénomène dévastateur s'est reproduit en 1998 dans les mêmes circonstances - pendant la mousson - sur la même parcelle, qui pendant la contre-saison avait été cultivée en mil engrais vert sous irrigation. Cependant, les foyers étaient plus nombreux mais moins étendus. En outre, le syndrome a fait son apparition avec quelques semaines de retard sur au moins deux soles de la station de Bambeý, situées à moins de 3 km au sud de la ferme irriguée, un aire pâturée et quelques rangées d'arbres (des neems *Azadirachta indica*) séparant les deux implantations.

En cultures de contre-saison, plusieurs désordres de nature indéterminée avaient été observés à Bambeý ferme irriguée en 98 ; l'un d'eux ressemblait au syndrome en question, avec la phase de brunissement en moins (flétrissement en vert puis dépérissement). Par contre, en 99, le syndrome est apparu sans équivoque sur les deux sites : ferme irriguée et station. Sur la station, il était présent sur au moins deux des trois parcelles cultivées en arachide, et en particulier sur la sole B2-sud, très affectée.

Toutes les soles affectées par le syndrome (cultures pluviales 97 et 98, cultures de contre-saison 98 et 99) servaient de support à des multiplications de variétés fixées ou de lignées en sélection, appartenant aux types botaniques spanish et virginia. Aucun cultivar n'a arrêté la progression de proche en proche du syndrome. Le syndrome semblait progresser aussi bien sur les sols alcalinisés par un long historique d'irrigation avec des eaux calco-sodiques (ferme irriguée et soles irriguées de la station) que sur les sols à tendance acide des soles non irriguées de la station. Dans tous les cas, les plants touchés étaient vigoureux et sains au moment de l'apparition des premiers symptômes, environ 45 jours après le semis (stade début formation des gousses).

Ce document présente les descriptions et investigations informelles d'un agronome généraliste fortuitement confronté à un syndrome dévastateur, circonscrit pour le moment au Centre de Bambeý. Il vise à documenter le phénomène, car aucun autre document n'a été produit à ce jour sur le sujet, et à alerter sur son évolution, car il atteindra la dimension d'un authentique fléau à l'issue de l'hivernage 99 s'il continue de s'étendre au même rythme que jusqu'à présent. Cette menace est d'autant plus importante que Bambeý est un centre d'obtention et de multiplication variétale, d'où deux types de risques supplémentaires :

- perte de germplasm, par anéantissement de la production des foyers atteints précocement (multiplications sur petites parcelles),
- transmission éventuelle par les semences, à partir des plantes atteintes tardivement (en bordure des foyers).

Ce syndrome de dépérissement fulgurant de l'arachide, apparemment nouveau au Sénégal, mérite la mobilisation d'un ou plusieurs phytopathologistes, avec mise en œuvre d'un programme d'investigation formel.

Repérage spatio-temporel

Hivernage 1997

Le premier foyer d'environ 1 m² fut observé le 21 août 97 à Bambeï ferme irriguée au centre d'une très légère dépression du terrain. Celle-ci montrait des marques de stagnation passagère d'eau et d'infiltration lente, consécutives aux deux fortes pluies d'environ 50 et 30 mm survenues les 14 et 17 août. L'hypothèse d'une asphyxie par engorgement, suffisante pour tuer les plantes au centre de la dépression et affecter les plantes périphériques, fut avancée par les techniciens. Cette hypothèse fut infirmée lors de la visite suivante, le 29 août. En effet, contre toute espérance le foyer s'était étendu, alors qu'avec la disparition des conditions présumées asphyxiantes, les plantes partiellement atteintes auraient dû survivre. Ce foyer n'a cessé de s'étendre régulièrement de façon approximativement concentrique jusqu'à fin septembre, malgré l'arrachage progressif des plants tués ou atteints pratiqué spontanément par les techniciens (cliché 1). A noter que cet arrachage n'a plus été pratiqué par la suite.

Toujours le 29 août 97 à Bambeï ferme irriguée, quelques plantes présentant des flétrissures brunes, molles et légèrement collantes, sur tout ou partie de certaines folioles situées plutôt à la périphérie de la plante, furent observés au sein de la végétation saine (comme sur le cliché 18). Les visites suivantes (à partir du 4 septembre) montrèrent que ces flétrissures marquaient l'apparition d'un nouveau foyer. Plusieurs foyers importants furent observés au cours des visites suivantes, distants de quelques mètres des deux premiers, et répartis sur l'ensemble de la sole, dont la surface totale est d'environ 3000 m².

Fin septembre 97, le bilan s'établissait à un site atteint : Bambeï ferme irriguée (parcelle sud), avec trois gros foyers (clichés 1 et 2 datant du 26 septembre 1997, et plusieurs petits foyers ou amorces de foyers (localisation approximative sur le plan schématique de la ferme irriguée). On peut raisonnablement avancer que seule la ferme irriguée était atteinte, à l'exclusion de Bambeï station, car les prospections extensives effectuées dans toutes les soles arachide de la station furent négatives.

Hivernage 1998

A la ferme irriguée, les premiers foyers apparaissent début août. Les plantes sont alors âgées de près de 40 jours (stade début de formation des gousses pour les variétés précoces), car les semis ont été effectués avant le début de l'hivernage, grâce à l'irrigation. A Bambeï station, la maladie se déclare mi-septembre, soit plus tard par rapport au calendrier, mais sur des cultures ayant *grosso modo* le même âge et le même développement qu'à la ferme irriguée, à cause du décalage des dates de semis (le premier foyer de Bambeï station fut détecté le 15 septembre sur quelques plantes en début de flétrissement, à la sole B2-nord Arasec). Dans les deux situations, la progression des symptômes cesse approximativement en même temps, en début de saison sèche.

Fin 98, le bilan s'établit à deux sites inclus dans le domaine du Centre National de la Recherche Agronomique de Bambeï (CNRA) : la ferme irriguée et la station (voir plans schématiques). A la ferme irriguée, les deux bandes en arachide sont concernées, soit celle déjà touchée en 97, à nouveau très atteinte avec des foyers plus nombreux mais moins vastes qu'en 97 (clichés 3 à 6 datant du 22 septembre 1998), et

une nouvelle bande, modérément atteinte (voir plan de la ferme). A Bambeï station, deux parcelles sur un total de quatre cultivées en arachide sont touchées, à raison d'un à deux foyers principaux par sole, entourés de quelques foyers secondaires assez proches les uns des autres (clichés 7 et 8). Les soles touchées sont D1-sud (sélection générale arachide) et B2-nord (Arasec). Les parcelles apparemment non touchées sont également situées dans la sole D1-sud (Ceraas et Gestion des stations). On peut supposer que le mal est circonscrit dans le Centre CNRA de Bambeï (ferme irriguée et station), car rien de semblable n'a été observé ou signalé lors des tournées, voire des prospections *ad hoc*, effectuées dans les champs d'arachide des environs de Bambeï (villages de Bambeï Sereer, Dangalma, essais en milieu paysan de Ndiakane), ou ailleurs dans le Nord et le Sud du Bassin arachidier (tests et essais variétaux multilocaux en milieu paysan, station Isra de Nioro, parcelles paysannes).

Contre-saison 1999

Au cours de l'intercampagne 98, plusieurs désordres furent observés sur les multiplications de Bambeï ferme irriguée ; l'un d'eux ressemblait au syndrome en question, avec la phase de brunissement en moins (flétrissement en vert puis dépérissement), mais en l'absence de critères autres que visuels, on ne peut affirmer qu'il s'agissait de la même chose. En revanche au cours de l'intercampagne 99, six foyers ont été dénombrés à Bambeï ferme irriguée (voir plan) sans équivoque possible. Ils présentaient le même faciès qu'en hivernage, mais avec vitesse de progression moins rapide (2 foyers de taille moyenne (diamètre > 1 mètre) et 4 petits foyers (diamètre < 1 mètre)). Le syndrome ne fut pas observé sur les multiplications de Bambeï station, limitées cette année-là à 1000 m² sur la sole F (Arasec et Sélection générale).

Le syndrome s'est également fortement exprimé dans les multiplications de contre-saison 99 à Bambeï station (soles B2-sud et F). La sole B2-sud Upse, semée entre le 11 et le 13 février, a été particulièrement touchée sur 13.000 m² de culture. La maladie, bien installée dès fin avril, se serait déclarée début avril ; elle s'est fortement propagée jusqu'à la récolte début juin, avec des foyers très nombreux et parfois importants (voir plan). Une observation complémentaire fort intéressante a pu être faite à cette occasion : outre l'extension de façon plus ou moins concentrique à partir d'un point central, la maladie s'étend aussi en colonisant les plantes situées le long des petites ravines de ruissellement des eaux d'irrigation (excédents d'eau accidentels). Dans la sole F, la parcelle de moins de 1000 m² emblavée par les services Arasec et Sélection générale, semée fin février et début mars, a été touchée avec un foyer moyen et 3 petits foyers.

Quant à la troisième parcelle cultivée en arachide au cours de l'intercampagne 99 à Bambeï station, aucun foyer n'a été décelé. Il s'agit de l'essai irrigation / stress hydrique du Ceraas (sole D3, 18 blocs totalisant 2250 m² de culture), semé fin mars et irrigué par aspersion avec un système de rampes oscillantes à poste fixe. Il convient de signaler que dans cet essai, la culture d'arachide n'a pratiquement pas montré de symptômes de chlorose ferrique, alors que les deux parcelles de multiplication de Bambeï station et celle de Bambeï ferme irriguée sont devenues de plus en plus chlorotiques à mesure que l'on approchait de la récolte, les parties les plus chlorotiques étant les plus arrosées (superposition très nette des gradients d'arrosage et de chlorose sur les bandes latérales de la ferme irriguée, par exemple).

Au terme de l'intercampagne 99, il apparaît que le syndrome peut parfaitement s'exprimer en contre-saison. Absent sur la sole D, il s'est manifesté de façon modérée à la ferme irriguée et sur la sole F, et de façon

forte sur la sole B2-sud, où la colonisation a été particulièrement spectaculaire et de grande ampleur. Compte tenu de la progression observée depuis l'hivernage 97, il est fondé de craindre pour l'hivernage 99 des taux d'attaques très élevés à la ferme irriguée et à Bambey station.

Description, évolution et extension des symptômes

Toutes les observations effectuées entre 97 et 99 sont concordantes quant à l'évolution des symptômes à l'échelle de la plante, du foyer ou de la sole, celles effectuées en contre-saison 99 les complétant à l'échelle du foyer.

A l'échelle de la plante

Ramollissement, brunissement et flétrissement de quelques folioles, puis de l'ensemble du feuillage, puis des rameaux. La mort de la plante survient en quelques jours (de l'ordre d'une semaine). Les premières folioles atteintes sont souvent situées sur la partie médiane à haute des rameaux, le mal progressant ensuite vers le haut et vers le bas des rameaux. Contagion de rameau à rameau. Les rameaux peuvent prendre un aspect huileux olivâtre, malheureusement non restitué par le cliché 16 (à hauteur de la main).

Très bon enracinement et très bonne nodulation à la ferme irriguée, enracinement et nodulation normaux à Bambey station. Aucune anomalie apparente des vaisseaux racinaires ou caulinaires de plants arrachés sur le front de progression (coupes longitudinales effectuées au couteau et observées à l'œil nu). Quelques cas de pivots racinaires en dessèchement ont été observés sur plantes en cours de flétrissement avancé (occurrence faible, relation de causalité douteuse).

Production anéantie pour les plantes touchées précocement, et épargnée pour celles touchées tardivement (cliché 13). Dans ce dernier cas, les plantules issues de germinations de graines non dormantes présentaient au stade 4 feuilles un aspect tout à fait normal, contrastant avec l'aspect anormal du feuillage du pied mère totalement grillé (cliché 14).

A l'échelle du foyer

Progression de proche en proche au sein du foyer, souvent de façon concentrique (clichés 1 à 6), parfois de façon plus irrégulière (cliché 7), notamment le long des mini-ravines de ruissellement. Lorsque la progression de la maladie est rapide, notamment au cœur de l'hivernage, les foyers sont très nettement délimités. Le front de progression forme une démarcation franche entre les plants atteints et les plants sains (clichés 15 et 16). A l'intérieur du foyer, les plantes irrémédiablement flétries noircissent, se décomposent et finissent par disparaître (clichés 5 et 6). Des plantes partiellement flétries peuvent survivre lorsque la vitesse de progression de la maladie diminue, comme par exemple en début de saison sèche en culture pluviale.

Les petites allées séparant deux bandes d'arachide, soit l'équivalent d'une ou deux lignes, n'empêchent pas l'extension des foyers, pas plus que le changement de variété ou de type botanique, virginia et spanish (cliché 2). Les nombreuses variétés présentes, d'origine sénégalaise ou fournies par l'Icrisat, se montrent apparemment aussi sensibles les unes que les autres.

A l'échelle de la sole

En 1997 à la ferme irriguée, ainsi qu'en 1998 à Bambeï station, les nouveaux foyers (foyers secondaires ?) sont apparus quelques jours après et à quelques mètres de distance du premier foyer observé (foyer primaire ?). L'absence d'apparition de nouveaux foyers à grande distance des premiers foyers (échelle décamétrique) pourrait être due à des limitations spatio-temporelles : exigüité des parcelles à la ferme irriguée, et brièveté de la saison favorable après l'apparition plus tardive des premiers foyers sur les deux soles de Bambeï station. Quant à la sole B2-sud en contre-saison 1999, plusieurs foyers seraient apparus simultanément (pas d'observation précise), d'autres foyers apparaissant par la suite.

Spécificité arachide

Ce syndrome semble spécifique de l'arachide. Les cultures de niébé situées à proximité des parcelles d'arachide, à la ferme irriguée et à la station, semblent avoir été épargnées (prospections négatives en 98 à la ferme irriguée). Il en est de même pour certaines adventices épargnées au cœur des foyers flétris (observations de fin septembre début octobre 98, voir photos) : *Cyperus rotundus*, *Boerhavia erecta*, *Euphorbia hirta*, *Heliotropium baciferum*, *Hibiscus sabdariffa* (le bissap), *Commelina forskalaei*. Aucune de ces adventices n'appartient à la famille de l'arachide, les Fabacées .

Les conditions naturelles et agro-culturelles

Le climat

La localité de Bambeï (14° 42' N - 16° 28' O) est caractérisée par un climat typiquement sahélien avec deux saisons bien contrastées : une saison des pluies de juillet à octobre à distribution unimodale (maximum entre août et septembre) et une saison sèche de novembre à juin. Les conditions hygrométriques, pluviométriques et thermiques dépendent étroitement de la translation nord-sud du front intertropical (FIT) au cours de l'hivernage. Les débuts et la fin de l'hivernage sont caractérisés par l'occurrence de pluies d'orages, très irrégulièrement réparties dans l'espace et dans le temps et d'intensité variable en liaison avec la position du FIT. A mesure que l'on s'approche du cœur de l'hivernage le FIT atteint sa position la plus septentrionale : cette période correspond à l'intensification du flux de mousson.

L'hivernage dure environ 100 jours, de juillet à octobre, la mousson s'établissant pendant une période de 40 à 50 jours à partir de début ou mi août . La mousson instaure un changement notable du climat - et du pédoclimat - qui deviennent moins chauds et plus humides qu'en début et en fin d'hivernage. L'irrigation artificialise le milieu en créant des conditions pédoclimatiques et microclimatiques intermédiaires entre celles du début d'hivernage et celles de la mousson.

Les circonstances marquant le début de la mousson ont quelque peu différé entre les deux années. En 97, la mousson est arrivée tardivement (indiscutablement le 14 août) mais énergiquement, avec deux pluies abondantes modifiant drastiquement les conditions climatiques. En 98, l'arrivée de la mousson a été plus précoce tardive (certainement le 7 août) mais moins spectaculaire, avec des pluies plus modestes.

Les deux graphes présentés en annexe 1 ont été construits à partir des données météorologiques 97 et 98 de la station de Bambey. La phase d'augmentation de l'humidité relative de l'air aux heures chaudes de la journée et de décrochage concomitant de la demande évaporative correspond à la mousson. Les données de 99 n'ont pas été encore recueillies, il faudra le faire pour comparer les données d'avril à juin aux moyennes inter-annuelles, car notre impression est que cette contre-saison a été moins sèche que d'habitude à Bambey, l'harmattan étant resté très discret cette année.

Les sols

Les sols de la ferme irriguée et ceux des soles non irriguées de la station sont même nature, mais de réaction acido-basique différente. Il s'agit de sols ferrugineux tropicaux peu ou pas lessivés, formés sur d'anciennes dunes très éroulées : les fameux sols dior, sableux et meubles, voués à la culture de l'arachide et du mil.

Les parcelles de la ferme irriguée ont été alcalinisées par le cumul des irrigations, l'eau étant très chargée en calcaire et en sel (forage profond dans des couches marnées). Le pH du sol en surface se situe entre 7 et 8, ce qui provoque par endroits des chloroses ferriques. Celles-ci s'accroissent en cours de culture de contre-saison avec le cumul des irrigations, et s'atténuent avec les pluies en culture pluviale (phénomène réversible). Des apports au sol de sulfate d'ammoniac (effet acidifiant) ou de fer chélaté ou des applications de fer sous forme de d'engrais foliaires permettent de corriger les chloroses ferriques.

L'alcalinisation concerne aussi des parcelles irriguées de la station de Bambey, mais pas celles réservées à la culture pluviale. Ces dernières ont une réaction légèrement acide à acide (pH entre 6 et 5,5). Quelques irrigations d'appoint sur une sole d'ordinaire non irriguée (cas de B2-nord Arasec au cours de l'hivernage 98) ne suffisent pas à alcaliniser le sol.

Historique et conduite des cultures à la ferme irriguée

La ferme irriguée fut exploitée de 1973 à 1983, en pépinière d'arbres fruitiers et maraîchage. La partie centrale, celle qui nous concerne, fut ensuite laissée en jachère plus ou moins boisée (neems *Azadirachta indica* A. Juss) jusqu'en 1996 où elle fut réhabilitée par le Groundnut Germplasm Project (GGP) pour la multiplication de variétés d'arachide, susceptibles d'être diffusées en Afrique de l'Ouest et Centrale. A l'est et à l'ouest de cette partie centrale, ainsi qu'au Nord, d'autres soles ont continué d'être cultivées de façon plus ou moins régulière, et parfois irriguées, pour les besoins de l'Unité de Production de Semences de l'Isra (UPSE), en céréales, niébé et arachide.

En 97, la partie centrale de la ferme, celle réservée au GGP, fut divisée en deux soles clôturées, sud et nord, elles-mêmes divisées en deux bandes sud et nord, afin d'y pratiquer des rotations bisannuelles mil-arachide (2 cultures/an). Les deux parcelles furent mises en culture successivement, d'abord la parcelle sud (hivernage 97), puis la parcelle nord (contre-saison 98). La préparation des parcelles consista en un apport massif de fumier de bovins accompagné d'un apport modéré de carbofuran et d'un labour.

Les assolements et rotations pratiquée depuis la remise en culture de la ferme sont présentés dans la planche ferme irriguée. Les cultures de mil servent d'engrais vert (notamment en contre-saison) ou éventuellement de production de semences (notamment en hivernage). Avant chaque semis d'arachide, le sol est traité au

carbofuran et les semences au bénomyl-thyrame-carbofuran. A la levée, de l'engrais minéral NPK est apporté en side-dressing. Les cultures de contre-saison sont entièrement conduites sous irrigation. Celles d'hivernage sont irriguées en début de cycle et parfois en fin de cycle (variétés tardives). En effet, la saison des pluies étant trop brève pour multiplier valablement les variétés à cycle long (4 mois), les semis sont réalisés vers le 1^{er} juillet, alors que l'hivernage débute souvent mi ou fin juillet.

Historique et conduite des cultures à la station

Les parcelles touchées pendant l'hivernage 98 et l'intercampagne 99 sont soit attribuées à des services particuliers soit gérées par le service central de la Gestion des stations. Dans tous les cas, les terres sont préparées par un travail du sol de type cover-crop et les semences sont traitées avant semis par poudrage fongicide-insecticide (bénomyl-thyrame-carbofuran).

La sole B2-nord est affectée au projet Arasec (sélection pour l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse de l'arachide) depuis de nombreuses années (1984). La sole est partagée en deux bandes est et ouest, l'arachide revenant sur la même parcelle tous les deux ans. Une rotation avec engrais vert de mil enfoui avant la fin hivernage ou jachère naturelle herbeuse gyrobroyée en début de saison sèche y est pratiquée, sans apport d'engrais ni de carbofuran (sauf exceptionnellement en 98 sur un essai particulier nécessitant une protection et une homogénéité accrues). Exceptionnellement aussi, il y eu en 98 trois irrigations destinées à faire lever les adventices, qui furent enfouies au cover-crop le 14 juillet. L'arachide fut semée le 24 juillet et irriguée le 30 juillet. La pluviosité aidant, l'arachide se développa sans stress et aboutit à une bonne production avec une excellente maturité (variétés de cycle court à très court). Pas de problème de chlorose ferrique.

La parcelle de la sole F touchée en intercampagne 99 est réservée depuis quelques années à cet usage. Laisée en jachère naturelle pendant l'hivernage, elle porte des multiplications en intercampagne. Les problèmes de chlorose ferrique s'accroissent en cours de campagne et semblent progresser d'une campagne à l'autre.

La sole D1-sud est gérée par le service central de la Gestion des stations, qui en 98 l'a allouée en partie au service Sélection Générale Arachide pour y produire des noyaux génétiques et y conduire des essais variétaux (variétés de cycle court à moyen). A défaut de rotation précise, des successions diverses y sont pratiquées, en évitant la retour d'une culture sur elle-même. Ainsi, la très belle arachide de 98 suivait une culture de mil. L'arachide, semée le 24 juillet sans irrigation, reçut 150 kg/ha d'engrais NPK titrant 8-18-27, mais en octobre les variétés les plus tardives (environ 100 jours) reçurent une ou deux irrigations. Pas de problème de chlorose ferrique.

La sole B2-sud est également gérée par le service de Gestions des stations, qui pour l'intercampagne 99 l'a allouée à l'UPSE pour la production de semences. Il semble que cette sole est régulièrement affectée à la production de cultures de contre-saison, et l'arachide de 99 a subi les problèmes liés à cette situation : développement de chloroses ferriques, notamment sur les parties sur-arrosées.

Constats, hypothèses et investigations

Deux évidences fortes

Syndrome nouveau au Sénégal

De l'avis unanime des chercheurs et des techniciens du Centre de Bambeï spécialisés dans l'arachide, le syndrome observé au cours des hivernages 97 et 98 et en contre-saison 99 est tout à fait nouveau. Les dégâts de maladies ou ravageurs, les désordres et hétérogénéités divers qui se manifestent sur arachide à Bambeï et dans le bassin arachidier leur sont bien connus. A titre d'exemple, on peut citer les fontes de semis (*Aspergillus niger*, autres), la pourriture sèche (*Macrophomina phaseolina*), les rosettes, le clump (rabougrissement viral transmis par le champignon tellurique *Polymixa graminis*), les chloroses ferriques en parcelles irriguées, les chloroses acides en parcelles pluviales, etc. Le syndrome observé à Bambeï depuis 97 ne correspond à rien de ce que les praticiens expérimentés connaissent au Sénégal.

Développement sous forte humidité

En culture pluviale, l'expression de ce syndrome - son apparition soudaine, sa progression rapide et régulière par agrandissement des foyers et multiplication de leur nombre, puis sa cessation - coïncident avec l'arrivée (ferme irriguée en 97 et 98), la permanence et le retrait de la mousson (ferme irriguée 97 et 98, station 98), qui instaure des conditions d'humidité édaphique et micro-climatique élevée.

En culture de contre-saison en 99, le syndrome s'est fortement exprimé malgré l'absence de changement climatique équivalent à la mousson. Il s'est exprimé à partir d'avril, lorsque les plantes ont atteint un développement végétatif important. La conjonction d'une saison moins sèche que la moyenne (absence anormale de vents d'harmattan) et d'arrosages fréquents et abondants sur un couvert transpirant à un régime proche de l'ETP a peut-être recréé localement, à l'échelle du couvert, des conditions micro-climatiques peu différentes de celles de la mousson. La maladie ne s'est jamais déclarée à un stade précoce du développement des plantes.

Outre l'humidité comme condition de développement du syndrome, le rôle direct de l'eau comme vecteur de propagation le long des micro-ravines est clairement apparu en culture de contre-saison en 99.

L'hypothèse bactériose

Suite à la consultation d'ouvrages de référence sur l'arachide, à savoir le "Compendium of peanut diseases", le "Smartt" et le "Groundnuts" de la série Pest Control du NRI (voir références bibliographiques), l'hypothèse du flétrissement bactérien de l'arachide dû à *Pseudomonas solanacearum* a été sérieusement envisagée.

Pseudomonas solanacearum est la bactérie pathogène de l'arachide la plus répandue dans le monde. Elle est présente dans pratiquement toute les zones de production de l'arachide, mais elle se rencontre surtout en Asie (Chine, Inde) et aux USA ainsi qu'en Afrique du Sud, au Nigeria et en Ouganda. Elle constitue un

authentique fléau dans le sud-est asiatique, où plusieurs congrès lui ont été consacrés. Cependant, à ce jour, elle n'a jamais été signalée en Afrique de l'Ouest, hormis le Nigeria.

Pseudomonas solanacearum est une bactérie aérobie ne formant pas de spores. Elle se maintient dans le sol grâce aux débris végétaux des précédents culturaux et à quelques adventices hôtes. La maladie est disséminée dans la parcelle à partir de plantes mortes déplacées par les pluies et l'eau d'irrigation. Elle est disséminée dans d'autres parcelles par le matériel agricole et selon certains auteurs par la graine.

Les mesures visant à réduire le niveau d'infestation comprennent la destruction des débris végétaux après chaque récolte et la rotation avec des cultures de plantes non hôtes, telles que les céréales. La température optimale de croissance de la bactérie étant de 30-35°C avec arrêt de la croissance à 41°C, une solarisation du sol en post-labour pré-semis permettrait de réduire la population présente dans le sol. L'arrachage et la destruction systématique des pieds présentant les premiers symptômes de la maladie sont conseillés. Le nettoyage du matériel agricole est obligatoire. L'emploi de semences issues de sites de production exempts de cette maladie est également recommandé.

Eléments à charge

Dans notre situation, les arguments suivants peuvent être avancés à l'appui de l'hypothèse bactériose / flétrissement bactérien :

- absence apparente de sporulation,
- développement en conditions d'humidité et de température élevées,
- rapidité d'action du pathogène à l'échelle de la plante (mort du végétal en quelques jours),
- agrandissement régulier et rapide des foyers, compatible avec la dispersion des bactéries dans le sol à partir des résidus des plantes crevées à la faveur des pluies ou des arrosages (effets « splash » et ruissellement)
- augmentation du nombre de foyers par transport de sol infesté, compatible avec les préparations de sol (disques du cover-crop), les sarclages manuels (lames des « ilers »), ou peut-être aussi les tours de station des chercheurs (semelles des bottes, lames du couteau).

Eléments à décharge

A l'encontre de l'hypothèse bactériose, trois contre-arguments de taille peuvent être avancés :

- absence d'altérations vasculaires,
- test du nuage de lait bactérien négatif,
- recherches de germes pathogènes négatives.

Aucune décoloration des vaisseaux du xylème et de la moelle n'a été constatée (observation à l'œil nu) sur les coupes longitudinales pratiquées sur les pivots racinaires, les tiges ou rameaux de plantes prélevées sur

le front de progression de la maladie (en cours de flétrissement et brunissement). Absence également de racines mortes ou pourries, excepté à un stade très avancé (plantes crevées à l'intérieur du foyer).

Le test du nuage de lait (ou de la fumée de cigarette), présenté dans le Compendium et dans "The bacterial wilt of groundnut" (Icrisat, 1994), a été tenté à plusieurs reprises au cours de l'hivernage 98, toujours avec le même résultat négatif. Ce test consiste à placer des fragments de tiges de plantes malades dans un tube à essai contenant de l'eau ; le test est positif lorsqu'un écoulement d'aspect laiteux apparaît, signalant la présence d'abondantes bactéries. La variante "plante entière" conseillée par le Dr. Subrahmanyam (communication personnelle du co-éditeur du Compendium, Bamako, début octobre 98) fut également tenté tout à fait en fin de saison, avec le même résultat négatif. Dans cette variante, une plante fraîchement contaminée (en première ligne sur le front de progression de la maladie), déracinée le matin (à pleine turgescence), rincée abondamment, et amputée de son pivot racinaire, est mise à tremper dans l'eau par l'hypocotyle, la lecture du test ayant lieu à 30 minutes.

Les premières recherches de germes pathogènes furent faites à partir de plantes malades fraîches, prélevées le mardi 22 septembre 1998, et dirigées les unes vers le laboratoire de phytopathologie du Cirad-Amis de Montpellier, et les autres vers le laboratoire de phytopathologie du CNRA de Bambeï. Les plantes furent lavées et conservées au frais dans le magasin de semences d'arachide, puis acheminées à Montpellier grâce à deux missionnaires de passage à Dakar (Mmes Guis et Jourdan-Ruf). Notre correspondant phytopathologiste, Didier Tharreau, réceptionna les plantes en très bon état le 23 au matin, trouva de grandes quantités de bactéries dans les pétioles et à la base des folioles des plants malades, et alerta son collègue bactériologiste Philippe Rott. Ils isolèrent des bactéries et les repiquèrent sur un milieu de culture spécifique à *P. solanacearum*, avec un résultat négatif. La caractérisation des bactéries isolées, supposées saprophytes, ne put être poussée davantage, les activités de recherche du laboratoire redevenant prioritaires dès lors que les activités de service réalisées bénévolement nécessitent des prolongements coûteux en travail et/ou en matériel.

Les recherches de pathogènes effectuées dans le laboratoire de phytopathologie du CNRA de Bambeï par les soins d'Arthur Dassylva sur des plantes malades prélevées le même jour furent également négatives.

De nouveaux échantillons frais prélevés fin mai 99 sur la culture d'intercampagne fortement infestée furent envoyés à Montpellier dans les mêmes conditions (grâce à MM. Dubernard et Vaissayre), avec le même résultat négatif : absence de bactéries pathogènes, isolement de quelques champignons ne pouvant être tenus responsables des symptômes (*Alternaria sp*, ...).

Poursuivre les investigations

Ecarter l'hypothèse bactériose à *P. solanacearum*

L'hypothèse *Pseudomonas solanacearum* semblant mise en défaut, peut-on pour autant écarter définitivement une origine bactérienne à ce dépérissement de type "feu bactérien" ?

Le "Compendium of peanut diseases" décrit deux maladies bactériennes, le flétrissement ou "bacterial wilt" dû à *P. solanacearum*, et la maladie des taches foliaires ou "bacterial leaf spot". La première est une

contrainte importante en culture arachidière dans de nombreuses régions alors que la seconde est d'importance secondaire. Celle-ci, causée par des *Pseudomonas* non identifiés et signalée en Inde, au Vietnam et au Zimbabwe, est également présente au Sénégal (à Bambey et en milieu producteur), mais sans incidence économique.

Mehan et al (1994) signalent à propos du flétrissement bactérien de l'arachide des progrès considérables dans la connaissance de l'épidémiologie, des races et des "biovars". Des antisérums ont été produits pour plusieurs biovars et des tests sérologiques sont disponibles pour la détection du pathogène dans les tissus végétaux et le sol. Compte tenu du polymorphisme potentiel de ce genre de maladie bactérienne, ne conviendrait-il pas de procéder à une investigation complète pour pouvoir écarter définitivement l'hypothèse *P. solanacearum*.

Une nouvelle bactériose ?

L'hypothèse d'une maladie bactérienne différente des deux maladies citées ci-dessus a été formulée récemment par B. Clerget lorsqu'il a été confronté sur son essai de contre-saison cultivé en sorgho à une maladie qui présentait des caractéristiques de bactériose : grandes traînées olivâtres, se développant à partir des feuilles du haut et gagnant la tige en progressant vers le bas. Comme pour le syndrome arachide, cela ne ressemblait à rien de connu sur place. Faisant le rapprochement entre les syndromes arachide et sorgho, B. Clerget a pensé à une contamination directe par l'eau d'irrigation, apportée par aspersion et collectée par le comète du sorgho, bien développé au stade montaison. L'eau d'irrigation, pompée à partir de forages profonds, transite dans un bassin de reprise riche en matières organiques, en algues et bactéries normalement non phytopathogènes. Celles-ci se multiplieraient activement entre deux irrigations dans le bassin de reprise ou dans l'eau restant dans les tuyaux entre deux arrosages. Déversées à haute concentration sur les cultures en début de séance d'arrosage, elles seraient à l'origine des foyers infectieux.

L'apparition de la maladie à un stade relativement avancé de la culture (pleine floraison / début de formation des gousses pour l'arachide, stade montaison pour le sorgho) tiendrait à plusieurs facteurs, dont une surface foliaire importante susceptible de maintenir via la transpiration un microclimat humide au niveau du couvert, et une teneur décroissante des feuilles jeunes en éléments minéraux susceptible d'induire une sensibilité accrue vis à vis de certaines agressions. Pour des raisons directes ou indirectes, le stade de développement de la plante n'est certainement pas neutre vis à vis de l'expression de la maladie.

Peut-il s'agir d'une même bactériose sur sorgho et arachide, à partir de bactéries devenues pathogènes à la faveur de circonstances particulières ? Des échantillons de tiges de sorgho, prélevés et conditionnés à Bambey pour être envoyés au Cirad à Montpellier (via M. Benoît-Cattin), restèrent bloqués à Thiès, Montpellier nous ayant fait part de son impossibilité de traiter cette demande. Aucun élément supplémentaire n'étant venu renforcer ou infirmer cette hypothèse.

Rapprochement avec un syndrome voisin sur le Fleuve

Même si notre syndrome semble pour le moment circonscrit au Centre CNRA de Bambey, il convient de rappeler le problème de flétrissement et de dépérissement signalé par Ph. Godon en 98 (communication

personnelle), en culture d'arachide de contre-saison sur la Vallée du Fleuve Sénégal. Pour cet agropédologue spécialiste du riz, ce dépérissement évoquait une bactériose. Les échantillons prélevés sur le Fleuve parvinrent à Bambey en mauvais état et ne permirent pas d'avancer dans le diagnostic. Lorsque des phytopathologistes s'attacheront à résoudre le problème du syndrome de Bambey, il conviendra de prévoir un volet Fleuve auprès des chercheurs Isra-Cirad du Pôle Systèmes Irrigués (PSI) et de l'Isra-Upse qui disposent de stations d'expérimentation et de production de semences.

Mesures de précaution

Bien que la maladie n'ait pu être identifiée, par bien des aspects elle présente un comportement proche de celui du flétrissement bactérien dû à *P. solanacearum*, et il n'est pas exclu qu'il puisse s'agir d'une nouvelle bactériose. Les moyens de lutte intégrée préconisés contre *P. solanacearum* semblent pouvoir s'appliquer à notre cas. Ils sont listés ci-dessous :

- arrachage et destruction systématique et soignée (attention aux transports !) des pieds présentant les premiers symptômes de la maladie,
- destruction des débris de fanes après récolte
- utilisation d'une céréale en rotation avec l'arachide
- solarisation du sol après le labour précédent le semis (avec une bâche en plastique noir), notamment pour les multiplications de semences rares
- utilisation de semences en provenance de sites non infestés
- nettoyage des engins agricoles entre chaque parcelle, ainsi que des lames d'iler entre chaque ligne au moment des sarclages (un seau contenant de l'eau de javel à l'extrémité de chaque ligne suffit pour rincer l'outil) ; les tuyaux d'arrosage rigides ou flexibles sont à considérer comme engins à haut pouvoir contaminant dès lors qu'ils sont mobiles
- irrigations non agressives à faible débit, pour limiter la contamination par effets splash et par ruissellement.

En outre, l'hypothèse d'une contamination directe par l'eau d'irrigation devrait être rapidement mise à l'épreuve, pour le cas échéant adopter des mesures d'hygiène des bassins de reprise et des conduites d'eau (vidanges, nettoyages et désinfection).

Enfin, l'attention doit être attirée sur le fait que des gousses et des graines matures et apparemment saines peuvent être récoltées sous les derniers plants "grillés" par la maladie. La production de ces plantes doit être écartée du reste de la production de semences, dans le but d'éviter une possible transmission directe par les semences. En effet, dans le "Bacterial wilt of groundnut" il est précisé que la bactériose est transmissible par les semences, spécialement par des semences fraîchement récoltées (cas des semences produites en contre-saison par exemple et semées juste après en hivernage) ; cependant, il y est fait mention d'une rapide perte de viabilité des bactéries lorsque la teneur en eau des graines descend en dessous de 9 %, ce qui est toujours le cas au Sénégal en saison sèche avec les graines produites en hivernage. Au niveau recherche, il

est important de vérifier si les semences sont réellement et, le cas échéant, dans quelles conditions elles expriment la maladie. Des plantules saines ayant spontanément poussé à partir de gousses produites par des plantes tardivement grillées ont certes été observées, mais ce fait à lui seul ne permet pas de conclure à l'absence de transmission par la graine, entre autres raisons parce que la maladie avait déjà cessé de progresser sur les plantes de la génération parentale et que les plantules n'ont pu continuer leur développement faute d'eau.

Conclusion

Les mesures de précaution pourront limiter le mal mais ne parviendront pas à l'éradiquer. Il conviendra donc de rester particulièrement vigilant au cours de l'hivernage 99 pour surveiller son évolution spatio-temporelle.

Dans l'espace, il s'agit de suivre à Bambeï son éventuelle extension à de nouvelles soles, le degré d'infestation des parcelles déjà infestées (nombre et dimension des foyers), la localisation et la géométrie des foyers. En dehors de Bambeï, il s'agit de surveiller les multiplications et les essais sur station ou en milieu paysan à l'occasion des tournées ordinaires. Concernant les cultures paysannes, il conviendrait de prévoir des tournées spécifiques dans les environs immédiats de Bambeï.

L'hivernage 97 aura vu l'apparition des premiers foyers sur la ferme irriguée, l'hivernage 98 aura vu son extension à Bambeï station avec un inquiétant prolongement en contre-saison 99. L'hivernage 99 devrait être l'occasion de mobiliser sur ce problème une mission d'expertise à prévoir entre fin août et début octobre, dans le but d'avancer significativement dans le diagnostic de la maladie et, le cas échéant, de proposer un projet de recherche pour y parvenir. Les premières actions d'une tel projet pourraient être soutenues financièrement par le Programme National de Relance de l'Arachide.

Références bibliographiques

- Eden-Green, S., 1996. **Diseases**, in **Groundnuts**. 2nd edn. Pest Control Series, NRI, Ed., Natural Resources Institute, Chatham, United Kingdom : Natural Resources, pp. 33-140
- V.K. Mehan, B. S. Liao., Y.J. Tan, A. Robinson-Smith, D. McDonald, and A.C. Haynard, 1994. **Bacterial Wilt of Groundnut**. Information Bulletin n° 35. International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics, Patancheru, Andhra Pradesh 502 324, India. 23 pages.
- K.J. Middleton, S. P., S.B. Sharma and D.H. Smith, 1994. **Diseases**, in **The Groundnut Crop**. Smartt, J., Ed., Chapman & Hall, London, UK, pp. 336
- A.C. Hayward and He L. Y., 1997. **Diseases caused by Bacteria**, in **Compendium of Peanut Diseases**, Second Edition. N. Kolalis-Burelle, D. M. P., R. Rodriguez-Kabana, D.H. Smith, P. Subrahmanyam, (eds). The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota 55121-2097, USA. Page 43.

Annexes

- 3 planches de photographies prises par l'auteur au cours des hivernages 97 et 98

- 4 planches de plans schématiques de Bambey :
 - Localisation relative de la ferme irriguée et de la station de Bambey et repères chronologiques
 - Assolements et successions pratiqués sur la ferme irriguée de Bambey
 - Sole B2 Nord "Arasec": assolement 98 et localisation des foyers
 - Sole B2 Sud, multiplication de contre-saison 99 : localisation des foyers

- 1 planche avec deux graphes caractérisant synthétiquement les années climatiques 97 et 98 à Bambey



Cliché 1 & 2 : ferme irriguée hivernage 1997 ; cliché 1 : au centre le premier foyer apparu, et au premier plan, un deuxième foyer ; le cliché 2 montre un autre foyer, variété de type virginia (à gauche) et spanish à droite)



Clichés 3 & 4 : nombreux foyers, ferme irriguée, hivernage 1998, le 22 septembre



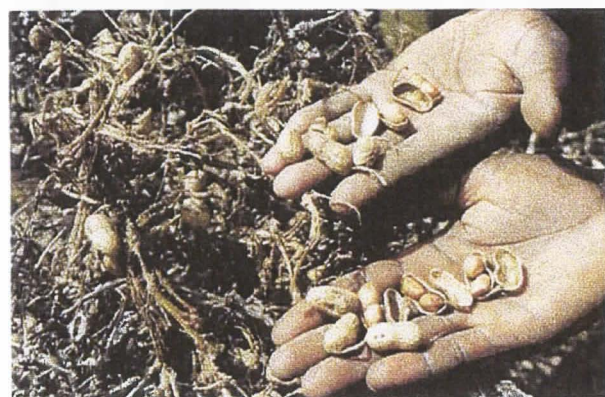
Clichés 5 & 6. Dégâts en fin de campagne, ferme irriguée, hivernage 1998



Clichés 7 & 8 : premiers dégâts à Bambey, hivernage 1998



Clichés 9 à 12 : adventices épargnées dans des foyers où les plants d'arachide ont complètement dépéri



Cliché 13 & 14 : à gauche, gousses mûres prélevées sous des plants d'arachide ayant dépéri tardivement ; à droite, plantule d'arachide issue de la germination spontanée d'une graine portée par une gousse formée par un plant d'arachide ayant tardivement dépéri.

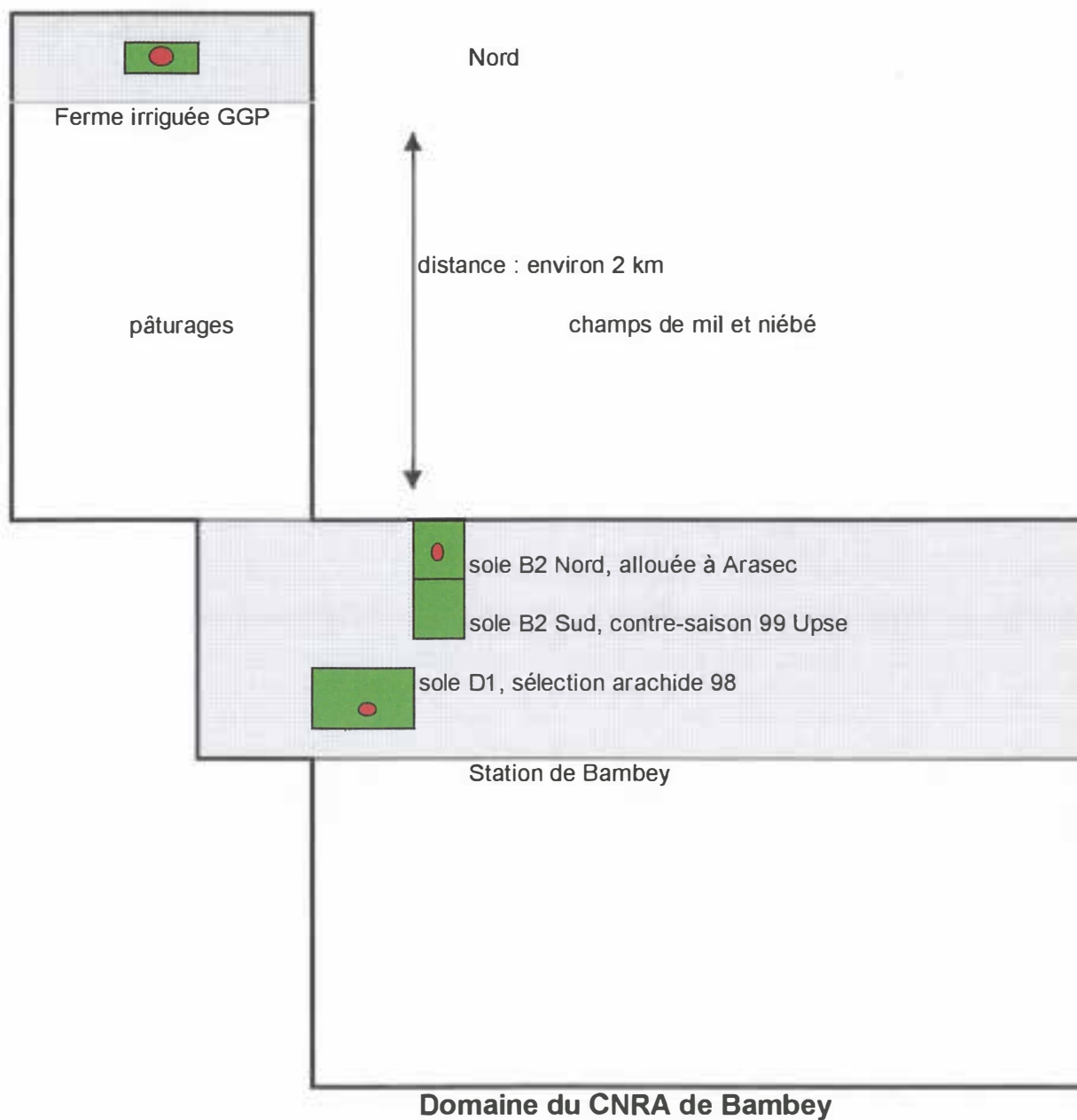


Clichés 15 & 16 : vue de détail en début de saison sèche du front de progression, à la périphérie d'un foyer



Cliché 18 : premiers flétrissements marquant l'apparition d'un nouveau foyer

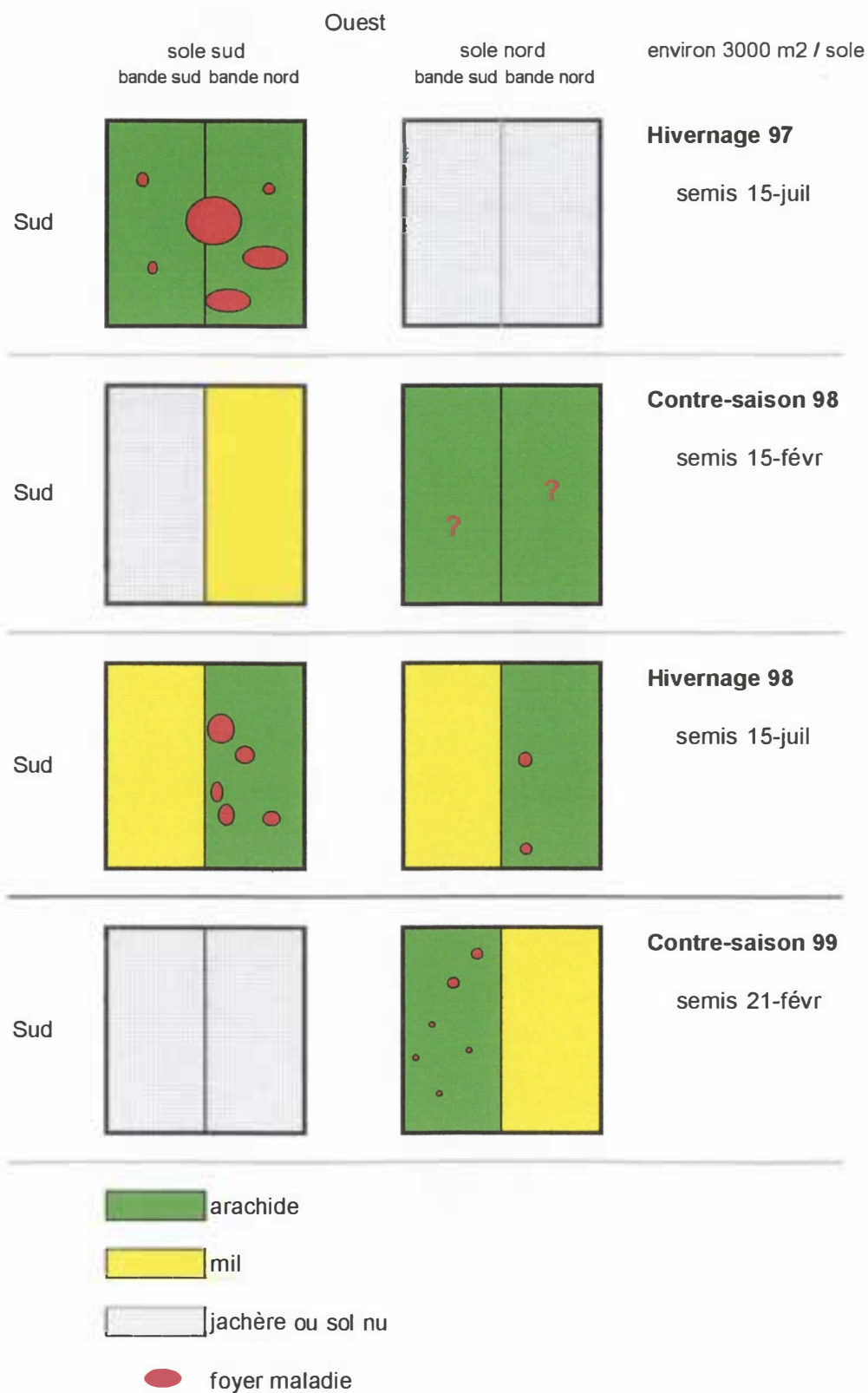
Localisation relative de la ferme irriguée et de la station de Bambey



Repères chronologiques

	ferme irriguée 1997	f.i. 1998	station 98	contresaison 99
première pluie	08-juin		16-juil	-
arrivée mousson	14-août		07-août	-
retrait mousson	24-sept		20-sept	-
dernière pluie	12-oct		26-oct	-
labour (disques)	?	?	14-juil	?
semis	05-juil	24-juin	24-juil	11-févr
premiers symptômes	21-août	14-août	14-sept	avril

Assolements et successions pratiqués sur la ferme irriguée de Bambeï



Sole B2 Nord "Arasec": assolement 98 et localisation des foyers



Localisation précise des foyers

foyer principal : PE n° 38, 39 et 40

autres foyers : 43, 26, 8, 5, 6

variétés : 57-230, 57-229, 55-437, Fleur 11

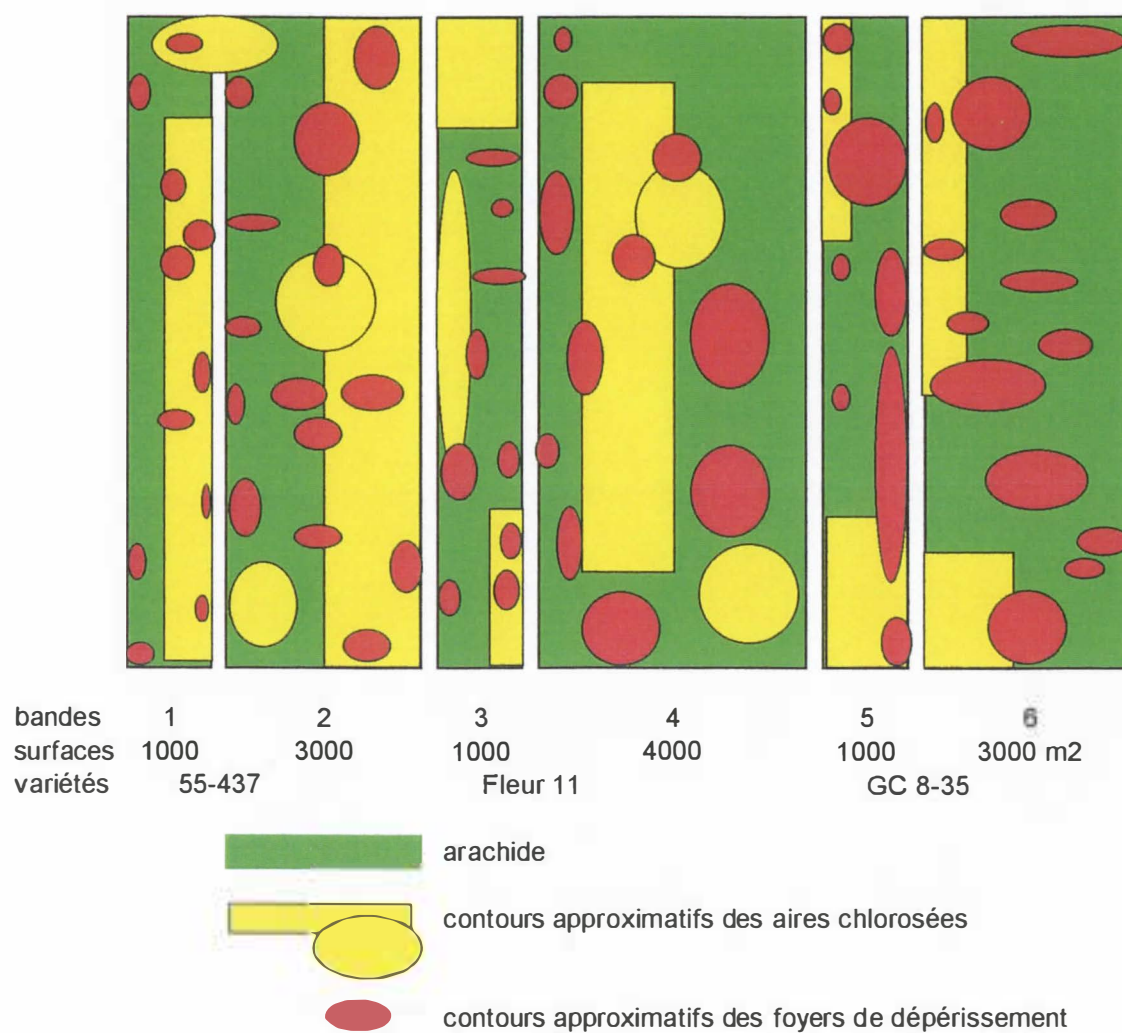
autres lignées : 10915-17, 13104-12, 11908-10, 13104-05

plan parcellaire : Arasec, service sélection arachide

Personne ressource

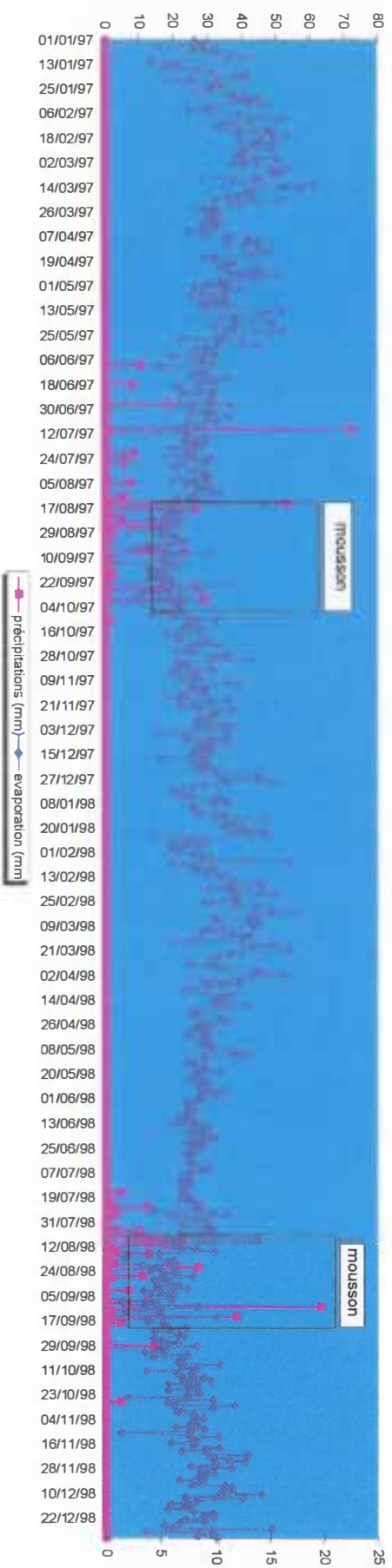
Mor Fall, contractuel Arachide

Sole B2 Sud, multiplication de contre-saison 99 : localisation des foyers



Caractérisation des années climatiques 1997 et 1998 à Bambey

Pluviosité et évaporation Bambey 1997 + 1998



Températures maximales et Humidités relatives minimales Bambey 1997 + 1998

